

PEMANFAATAN LIMBAH SERBUK BETON DAN LIMBAH SERBUK CANGKANG KERANG UNTUK PENGAPLIKASIAN BETON MEMADAT SENDIRI RAMAH LINGKUNGAN KUAT TEKAN AWAL TINGGI DENGAN PERENCANAAN 25 MPA

Satrio Agung Pratama

Program Studi Teknik Sipil Universitas Tunas Pembangunan Surakarta

ABSTRAK

Saat ini beton memadat sendiri adalah salah satu metode pembuatan beton yang efektif untuk dijadikan beton dengan pengertasan yang cepat, Semen berkontribusi menyumbang karbondioksida terbesar di dunia setelah sampah. Beton memadat dengan sendiri merupakan salah satu inovasi terbesar yang terjadi di bidang konstruksi serta infrastruktur, dimana beton ini mempunyai daya kerja yang tinggi tetapi, kemampuan untuk mengalir tanpa alat bantu juga tidak mengabaikan kuat tekan. Dengan konsep pembangunan dengan tujuan berkelanjutan adalah program utama yang akan digancarkan Presiden Republik Indonesia berdasarkan Perpres No. 59 Tahun 2017 tentang Pelaksanaan Pencapaian Tujuan Berkelanjutan, Maka, diperlukan material baru yang berkelanjutan untuk menggantikan produksi semen dan substitusi agregat halus baru, tetapi material ini juga diperlukan untuk kemampuan kerja yang diperlukan untuk membuat beton pemadatan sendiri. Konsep beton mutu tinggi awal ramah lingkungan, memanfaatkan limbah serbuk beton, dapat menjadi solusi untuk menggantikan sebagian semen dan limbah serbuk cangkang kerang juga untuk substitusi agregat halus. Penelitian ini menggantikan limbah serbuk cangkang kerang sebagai pengganti 10% agregat halus serta limbah serbuk beton sebagai pengganti 10% semen. Menurut PD T-04-2004-C Tentang Tata Cara Pembuatan Dan Pelaksanaan Beton Berkekuatan Tinggi bahan inovasi ini dapat mencapai nilai yang tinggi di umur 1 hari mencapai 25 MPa berdasarkan perencanaan campuran pembuatan beton dapat digunakan dalam konstruksi struktur gedung, kolom, pile, dan bore pile serta kemampuan kerja untuk beton memadat sendiri ini juga memenuhi persyaratan yang dibutuhkan. Sehingga mendapatkan kesimpulan dapat menjadikan sumber referensi dengan memanfaatkan limbah di Indonesia yang mudah didapat, efektif dan ekonomis.

Kata kunci : Beton Memadat Sendiri, Limbah Serbuk Cangkang Kerang,

Limbah Serbuk Beton.

A. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan dan perkembangan infrastruktur di Indonesia terus mengalami perkembangan, sehingga banyak dilakukan penelitian dan pengembangan material konstruksi khususnya beton. Pada decade terakhir banyak dilakukan inovasi terhadap beton agar memiliki kekuatan yang tinggi, awet, murah dan ramah lingkungan serta mudah diaplikasikan dilapangan. Sehubungan dengan SNI-2847-2013 mengenai persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, kebutuhan tulangan yang diperlukan untuk beton bertulang meningkat dibandingkan dengan persyaratan SNI sebelumnya (Paramita, Soebandono, & Faizah, 2016). Dalam praktik di lapangan, semakin meningkatnya jumlah tulangan yang ada maka akan mempersulit campuran beton konvensional melewati tulangan-tulangan tersebut, meningkatkan resiko beton tidak mengalami pemadatan yang sempurna, dan membutuhkan waktu yang cukup lama. Beton saat ini merupakan salah satu bahan konstruksi yang paling banyak digunakan di dunia sehingga menjadi peluang untuk membuat aplikasi yang inovatif, Self compacting concrete merupakan salah satu aplikasi inovatif dibandingkan beton biasa. Dengan meminimalisir semen, Self compacting concrete bisa lebih murah dan mengurangi dampak lingkungan dibandingkan beton biasa. Mengingat delapan hingga 10 persen dari total emisi CO₂ dunia berasal dari pembuatan semen (Suhendro, 2014). Gas

pemanasan global berkurang dengan mengganti semen yang menggunakan bahan kandungan dan bahan limbah serupa. Serbuk limbah bata dan limbah beton dalam jumlah besar yang dihasilkan dari lokasi konstruksi dan pembongkaran sebagian besar dikirim ke tempat pembuangan sampah atau lokasi reklamasi untuk dibuang, dan juga diperlukan sebagai substitusi agregat halus. Serbuk beton bekas merupakan akselerator yang menjanjikan untuk hidrasi semen. Itu bisa meningkatkan kuat tekan dalam 24 jam (Wang, Yao, dan Stephan, 2019). (Muntohar AS, 2008) sebagai bahan tambahan dalam pembuatan beton dengan hasil meningkatkan kuat tekan, menurunkan porositas. Dalam praktik di lapangan, semakin meningkatnya jumlah tulangan yang ada maka akan 2 mempersulit campuran beton melewati tulangan-tulangan tersebut, meningkatkan resiko beton tidak mengalami pemadatan yang sempurna, dan membutuhkan waktu yang cukup lama. Untuk mengatasi masalah tersebut inovasi dapat dianggap unsur pembangunan berkelanjutan karena ramah lingkungan dan sedang banyak digunakan dalam praktek green building. Beton dengan pemanfaatan limbah serbuk cangkang kerang (shellfish waste powder), untuk menggantikan sebagian pasir dan limbah serbuk beton (concrete waste powder) tidak hanya digunakan sebagai bahan tambahan ataupun pengganti sebagian agregat dan semen, tetapi juga mengurangi dampak dari limbah terhadap lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan dalam makalah ini adalah sebagai berikut :

1. Apakah limbah serbuk beton dapat dijadikan sebagai substitusi semen ?
2. Apakah limbah serbuk cangkang kerang dapat dijadikan sebagai substitusi agregat halus ?
3. Bagaimana efektifitas terhadap beton inovasi terhadap tingkungan?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian skripsi ini terarah, maka perlu dilakukan batasan masalah :

1. Untuk mengetahui apakah limbah serbuk cangkang kerang dapat dijadikan sebagai substitusi agregat halus menggunakan pengujian X-ray fluorence.
2. Untuk mengetahui kandungan kimia limbah serbuk beton dapat dijadikan sebagai substitusi semen dengan menggunakan pengujian X-ray fluorence.
3. Pengujian X-ray fluorence dilakukan di Fakultas MIPA Universitas Diponegoro Semarang.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui pengaruh limbah serbuk beton dapat menggantikan kandungan semen.
2. Untuk mengetahui pengaruh limbah serbuk cangkang kerang, dapat digunakan sebagai substitusi agregat halus.
3. Meneliti dan menganalisa pengaruh limbah serbuk cangkang kerang, dan limbah serbuk beton terhadap beton inovasi.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Melalui Tugas Akhir ini diharapkan pembaca dapat menambah wawasan mengenai inovasi beton untuk menjawab tantangan-tantangan yang ada dan dapat menjadi bahan referensi untuk inovasi beton kedepannya.

Untuk mengoptimalkan penggunaan limbah serbuk beton dan limbah serbuk cangkang kerang untuk membuat *sustainable green concrete* yang ramah lingkungan.

B. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Beton mutu tinggi (high strength concrete) yang tercantum dalam SNI 03-6468-2000 (Pd T-18-1999-03) didefinisikan sebagai beton yang mempunyai kuat tekan yang disyaratkan lebih besar sama dengan 41,4 MPa. Peningkatan mutu beton dapat dilakukan dengan menggunakan bahan tambah mineral additive ataupun chemical additive.

2.2 Beton Ramah Lingkungan

Menurut The Institution of Structural Engineers/ISE, 1999, pembuatan material penyusun beton yang ramah lingkungan ini dapat dilakukan dengan mewujudkan 3 (tiga) usaha kelangsungan dan konservasi lingkungan, yaitu:

1. Pengurangan emisi gas rumah kaca (terbesar adalah CO₂).
2. Efisiensi energi dan material dasar.
3. Penggunaan material buangan/waste.

4. Pengurangan efek yang mengganggu kesehatan/keselamatan pada pengguna konstruksi, baik yang timbul selama proses konstruksi ataupun yang timbul selama operasi bangunan, dengan menggunakan Konsep 4R (Reduce, Refurbish, Reuse and Recycle).

2.3 Self Compacting Concrete

Self Compacting Concrete adalah beton yang dapat memadat dengan sendirinya tanpa adanya segregasi pada beton. Beton ini sudah sejak lama diteliti di Jepang, penelitian ini berhasil di selesaikan dan untuk pertama kalinya diperkenalkan oleh Okamura pada sekitaran tahun 1990-an di Jepang.

2.4 Bahan Campuran Beton

a. Semen

SNI 15-2049-2004 Semen merupakan bahan yang bersifat hidrolik yang bila dicampur air akan berubah menjadi bahan yang mempunyai sifat perekat. Penggunaannya antara lain meliputi beton, adukan mortar, plesteran, bahan penambal, adukan encer (grout) dan sebagainya. Pada umumnya terdapat beberapa jenis semen dan tipe semen yang berada dipasaran.

b. Agregat Halus

Berdasarkan SNI 03-6820-2002, agregat halus adalah agregat besar butir maksimum 4,76 mm berasal dari alam atau hasil alam, sedangkan agregat halus olahan adalah agregat halus yang dihasilkan dari pecahan dan pemisahan butiran dengan cara penyaringan atau cara lainnya dari batuan atau terak tanur tinggi.

c. Agregat Kasar

Menurut SNI 1970-2008, agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi

alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 4,75 mm (No.4) sampai 40 mm (No. 1½ inci). Berdasarkan ASTM C33 Agregat kasar terdiri dari kerikil atau batu pecah dengan partikel butir lebih besar dari 5 mm atau antara 9,5 mm dan 37,5 mm.

d. Air

Air yang digunakan dalam pembuatan beton pra-tekan dan beton yang akan ditanami logam aluminium (termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat) tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan (ACI 318-89:2-2)

e. Superplasticizer CONSOL P102 HE CONSOL P102 HE adalah superplasticizer berbasis polikarboksilat eter (PCE) inovatif yang cocok untuk industri pracetak. Formulasi yang dirancang khusus dengan bahan aktif, CONSOL P102 HE menawarkan dispersi semen yang sangat baik dengan rasio pengikat air yang rendah dan pengembangan kekuatan awal yang luar biasa.

f. Concrete Waste Powder

Dalam penelitian ini, hasil kesimpulan limbah serbuk beton ini dapat difungsikan sebagai substitusi semen karena kandungan SiO₂ (silika oksida) yang tinggi dan memiliki sifat pengikatan seperti halnya dalam semen.

g. Shellfish Waste Powder

Menurut Hidayat (2015) dalam penelitiannya ini dimulai dari perencanaan campuran beton dengan mutu 22,5 MPa. Dibuat sampel beton campuran cangkang kerang dengan variasi persentase terhadap berat agregat halus (pasir) yaitu 0%, 10%, 25%, 35%,

dan 50%. Dari hasil pengujian kenaikan kuat tekan secara maksimum terjadi pada campuran 10%. Dari sini dapat diketahui perbandingan kuat tekan rata-rata beton campuran pada umur 1 hari meningkat dari kuat tekan rata-rata beton tanpa Cangkang Kerang. Dari beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa kulit kerang sebagai pengganti agregat halus mampu menghasilkan densitas yang melebihi densitas beton normal. Melihat hal tersebut maka dilakukan pemanfaatan limbah serbuk kulit kerang sebagai bahan pengganti agregat halus ditinjau dari kuat tekan dan absorpsinya.

C. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Pengumpulan Data

Penelitian Tugas Akhir ini akan menganalisis secara langsung dan objektif dengan tujuan menghasilkan suatu analisa mengenai high early strength *self compacting concrete* berbahan dasar campuran limbah serbuk beton dan limbah serbuk cangkang kerang. Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan studi pustaka dan penelitian secara langsung di laboratorium.

3.2 Waktu Dan Tempat Pelaksanaan

Waktu pelaksanaan penelitian, pengujian, pelaksanaan, uji coba trial serta penyusunan tugas akhir dimulai pada tanggal 1 Oktober 2021 berlokasi di Universitas Tunas Pembangunan Surakarta.

3.3 Alat-alat Yang Digunakan

- Alat timbang
- Oven
- Kerucut Abrams
- Satu set saringan

- Piknometer
- Bekisting
- Mixer
- Mesin Kuat Tekan
- Alat Bantu

3.4 Pemilihan Material

1. Semen PCC Tiga Roda
2. Agregat Halus
3. Agregat Kasar
4. Air
5. Konsol P102 HE

3.5 Pengujian Material

1. Agregat Halus
 - Kadar lumpur
 - Penyerapan dan berat jenis
2. Agregat Kasar
 - Modulus halus butir
 - Penyerapan atau Absorbtion dan Berat Jenis
 - Pengujian kadar air
 - Pengujian kadar lumpur
 - Pengujian Abrasi

3.6 Mix Design

Perhitungan mix design beton self-compacting concrete menggunakan Limbah serbuk cangkang kerang (shellfish waste powder) berdasarkan ACI (American Concrete Institute) 211.4R-93 1998.

Table 3.18 Mix design beton inovasi self compacting concrete

Material	Kg/m ³
Semen	549
Agregat halus	695,848
Agregat kasar	795,255
Air	164,7
Superplasticizer (Consol P102 HE)	10,98
Limbah serbuk beton	61
Limbah serbuk cangkang kerang	165,678

Sumber : Analisis penulis

Table 3.30 Mix design beton normal self compacting concrete

Material	Kg/m ³
Semen	610
Agregat halus	885,055
Agregat kasar	816,974
Air	164,7
Superplasticizer (Consol P102 HE)	10,98

Sumber : Analisa penulis

3.7 Metode Pembuatan Beton

Dalam proses pembuatan beton ada beberapa urutan sebagai berikut :

1. Siapkan agregat halus dan agregat kasar pada kondisi kering permukaan jenuh
2. Menimbang dan mengukur material yang akan digunakan, seperti agregat halus, agregat kasar, semen, limbah serbuk cangkang kerang, limbah serbuk beton, air dan superplasticizer.
3. Menyiapkan dan membersihkan peralatan-peralatan yang akan digunakan pada proses, seperti, pengaduk beton, papan dan cone slump.
4. Masukkan agregat kasar ke dalam alat pencampur, kemudian disusul dengan agregat halus, kedua bahan tersebut diaduk hingga rata.
5. Memasukkan semen, limbah serbuk cangkang kerang, limbah serbuk beton ke dalam mixer kemudian dicampur dengan agregat hingga rata.
6. Tuang air dan superplasticizer yang telah dicampur sebelumnya,
7. Kemudian campuran beton tersebut diuji slump untuk melihat apakah workability dari campuran tersebut sudah memenuhi persyaratan self compacting concrete atau belum.
8. Campuran beton tersebut kemudian diumpankan ke dalam bekisting yang telah disiapkan sebelumnya.

3.8 Rancangan Anggaran Biaya

Tabel 3.31 RAB Beton Self Compacting Concrete

Material	Vol (Kg/m ³)	Unit	Harga	Total
Semen	610	Kg	Rp 1,500,00	Rp 915.000,00
Agregat Halus	885,055	Kg	Rp 1,000,00	Rp 885.055,00
Agregat Kasar	816,974	Kg	Rp 100,00	Rp 81.697,00
Air	164,7	L	Rp 6,00	Rp 988,2,00
Superplasticizer	10,98	L	Rp 25,000,00	Rp 274,500,00
Concrete waste powder	-	-	-	-
Shellfish waste powder	-	-	-	-
Total				Rp 2,157,250,00

Sumber : Perhitungan Penulis

Lanjutan Tabel 3.34 beton self compacting concrete menggunakan Concrete waste powder dan Shellfish waste powder

Agregat Kasar	795,255	Kg	Rp 100,00	Rp 79.525,00
Air	164,7	L	Rp 6,00	Rp 988.2,00
Superplasticizer	10,98	L	Rp 25,000,00	Rp 274,500,00
Concrete waste powder	61	Kg	Rp 20,00	Rp 1.220,00
Shellfish waste powder	165,678	Kg	Rp 25,00	Rp 4.141,00
Total				Rp 1,879,700,00

Sumber : Perhitungan Penulis

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Slump Flow

Tabel 4.1 Hasil Aliran Slump Flow Test

Sampel	d ₁	d ₂	SF	Target
S01	680 mm	690 mm	685 mm	600 mm -800 mm

Sumber : Hasil Pengujian Penulis

4.2 Hasil Kuat Tekan

Tabel 4.2 Uji Kuat Tekan

Benda uji	Kekuatan		Rata-rata
	(kN)	(MPa)	
1.	453 kN	25,49	Fc 25,02 MPa
2.	424 kN	24,25	
3.	448 kN	25,34	

Sumber : Hasil Pengujian Penulis

E. Penutup

5.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, shellfish waste powder dapat digunakan sebagai pengganti agregat halus sedangkan concrete waste powder, sebagai substitusi semen.
2. Pengaruh limbah serbuk cangkang kerang yaitu tidak terjadi penurunan kekuatan dan dapat meningkatkan workability jika dibandingkan dengan beton tanpa limbah serbuk cangkang kerang.
3. Pemakaian dalam jumlah besar mengurangi produksi semen, sehingga mengurangi gas

rumah kaca yang dihasilkan dari produksi semen.

4. Rencana Anggaran Biaya beton *Self Compacting Concrete* per meter kubik yaitu Rp.2.157.250,00. Rencana Anggaran Biaya beton *Self Compacting Concrete* menggunakan *concrete waste powder* adalah Rp.2.060.859,00. Rencana Anggaran Biaya beton *Self Compacting Concrete* menggunakan *shellfish waste powder* adalah Rp.1.987.344,00 dan untuk Rencana Anggaran Biaya beton *Self Compacting Concrete* dengan menggunakan inovasi *Concrete waste powder* dan *Shellfish waste powder* adalah Rp.1,879,700,00.
5. Pemanfaatan limbah serbuk beton dan limbah serbuk cangkang kerang untuk beton inovasi akan menghemat pembuatan beton sebesar Rp.277.550,00 / m³

F. DAFTAR PUSTAKA

American Concrete Institute, ACI 318-89 Building Code Requirements for Reinforce Concrete, Part I, General Requirements, Fifth Edition, Skokie, Illinois, USA:PCA, 1990.5pp.

American Concrete Institute. (1998). Standard Practice for Selecting Proportions for Structural Lightweight Concrete. United States: ACI 211.2-98.

Antoni., Sugiharto, Handoko. (2007). Kompatibilitas antara superplasticizer tipe

polycarboxylate dan naphthalene dengan semen lokal. Yogyakarta. Bamigboye, G. O., Nworgu, A. T., Odetoyan, A. O., Kareem, M., Enabulele, D. O., & Bassey, D. E. (2020). Sustainable Use of Seashells as Binder in Concrete production: Prospect and challenges. *Journal of Building Engineering*, 101864.doi:10.1016/j.job.2020.101864

Demirel, B., (2010). The effect of the using waste marble dust as fine sand on the mechanical properties of the concrete, Turkey: Firat University Ergün, A. (2010). Effects of the usage of diatomite and waste marble powder as partial replacement of cement on the mechanical properties of concrete, Turkey: Afyon Kocatepe University.

EFNARC.2002. Specification and Guidelines for Self-Compacting Concrete. Surrey GU9 7EN, UK Ge, Z., Gao, Z., Sun, R., & Zheng, L. (2012).

Jurnal Rekayasa Sipil, ISSN Naceri, A., & Hamina, M. C. (2009). Use of waste brick as a partial replacement of cement in mortar. *Waste Management*, 29(8), 2378–2384. doi:10.1016/j.wasman.2009.03.026 Poon, C.S., & Chan, D. (2016)

- Penggunaan agregat beton daur ulang yang layak dan bata yang dihancurkan sebagai dasar jalan yang tidak terikat. *Constr. Build. Mater.* 20, 578e585.
- Paramita, A., Soebandono, B., Faizah, R., (2016). Studi Komparasi Perancangan Struktur Gedung Berdasarkan SNI 03 – 2847 – 2002 dan SNI 2847 : 2013 DENGAN SNI 03 – 1726 – 2012, Yogyakarta : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Pedoman Konstruksi dan Bangunan. 2004, Tata Cara Pembuatan dan Pelaksanaan Beton. Pd T-04-2004-C. Indonesia. 102
- Suhendro, B. (2014).
- Menuju Green Concrete untuk lingkungan berkelanjutan yang lebih baik. *Procedia Engineering*, 95, 305-3
- Standar Nasional Indonesia. (2013).
- Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Indonesia: SNI 2847-2013.
- Türker P, Erdogan B, Erdogdu K (2012).
- Influence of marble powder on microstructure and hydration of cements. *Cem. Conc. World*, 7(38): 50-62.
- Wihardi, M. Tjaronge., Parung, Herman., Siswanto, Kenedi., Dalle, Ambo.,(2012)
- Zhao, Y., Gao, J., Liu, C., Chen, X., & Xu, Z. (2020). The particle-size effect of waste clay brick powder on its pozzolanic activity and properties of blended cement. *Journal of Cleaner Production*, 242, 118521